

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表 2002-517773

(P 2002-517773A)

(43) 公表日 平成14年6月18日 (2002. 6. 18)

| (51) Int. Cl. 7 | 識別記号 | F I | テマコード (参考) |
|-----------------|-------|---------|------------|
| G 0 2 B | 13/04 | G 0 2 B | D 2H087 |
| | 9/34 | | C |
| | 13/18 | | |

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2000-552533 (P2000-552533)
(86) (22) 出願日 平成11年6月4日 (1999. 6. 4)
(85) 翻訳文提出日 平成12年12月5日 (2000. 12. 5)
(86) 国際出願番号 PCT/US99/12658
(87) 国際公開番号 W099/63379
(87) 国際公開日 平成11年12月9日 (1999. 12. 9)
(31) 優先権主張番号 60/088, 055
(32) 優先日 平成10年6月5日 (1998. 6. 5)
(33) 優先権主張国 米国 (U S)

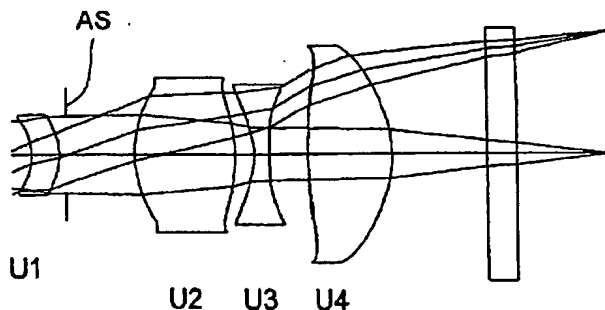
(71) 出願人 コンコード・カメラ・コーポレーション
アメリカ合衆国、フロリダ州 33021、ハ
リウッド、ハリウッド・ブールバード 4
000、スイート 650エヌ
(72) 発明者 ベテンスキー、エリス・アイ
カナダ国、オンタリオ州 エム4ブイ・2ワ
イ8、トロント、セント・クレア・アベニ
ュー・ウエスト・ナンバー・1008、61
(74) 代理人 弁理士 山崎 行造 (外3名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 逆トリプレットレンズアセンブリ

(57) 【要約】

負 (または弱い正)、正、負形態を有する三つのレンズユニット (U1, U2, U3) を採用する対物レンズ。レンズは $f/5$ 未満の相対アパーチャをにより少なくとも50度の全視野包括域を有する。これらは、非球面を有して大量生産用に設計されて、特にプラスチック光学材料を用いる小さなレンズ素子を採用する。この設計はその全ての非球面形態においては存在せず、これは収差 (特に歪曲) を十分に補正できないためであるが、充分な数の非球面を用いることにより、収差を従来の非球面トリプレット設計よりも高い度合いに補正できるのみならず、製造上の公差に対する感度を最小化できる。選択的にレンズは、突出された入射瞳を与える第4レンズユニット (U4) を含んでもよく、その突出された入射瞳は、このレンズがデジタル光センサに用いられた際には望ましいものである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 対象の像を形成する光学系であって、対物側、像側、及び正の全焦点距離 f_o を有し、この光学系は、前記対物側から前記像側への順序で、

(a) 第1レンズユニットであって、

(i) 負のパワーまたは弱い正のパワーと、

(i i) 対物側面及び像側面とを有する第1レンズユニットと、

(b) 第2レンズユニットであって、

(i) 正のパワーと、

(i i) 対物側面及び像側面とを有する第2レンズユニットと、

(c) 負のパワーを有し、その焦点距離の大きさが f_o の1.5倍未満である第3レンズユニットとを備え、

更に前記光学系は、

(i) 少なくとも一つの非球面と、

(i i) 第1レンズユニットの前記対物側面と第2レンズユニットの前記像側面との間の開口絞りとを有する光学系。

【請求項2】 請求項1の光学系であって、第1、第2及び第3レンズユニットの各々が少なくとも一つの非球面を含む光学系。

【請求項3】 請求項1の光学系であって、第1、第2及び第3レンズユニットの少なくとも二つが二つの非球面を含む光学系。

【請求項4】 請求項1の光学系であって、第1、第2、及び第3のレンズユニットの各々は、二つの非球面を含む光学系。

【請求項5】 請求項1の光学系であって、第1、第2及び第3レンズユニットの各々が単独のレンズ要素からなる光学系。

【請求項6】 請求項1の光学系であって、前記光学系の光学的パワーを有する部品が、第1、第2、第3のレンズユニットだけからなる光学系。

【請求項7】 請求項6の光学系であって、第1、第2及び第3のレンズユニットの各々が、単独のレンズ素子からなる光学系。

【請求項8】 請求項1の光学系であって、前記光学系が、第3レンズの前記像側に第4のレンズユニットを含み、この第4レンズユニットは正のパワーを

有する光学系。

【請求項9】 請求項8の光学系であって、第4のレンズユニットが少なくとも一つの非球面を有する光学系。

【請求項10】 請求項8の光学系であって、第1、第2、第3及び第4のレンズユニットの各々が、単独のレンズ素子からなる光学系。

【請求項11】 請求項8の光学系であって、前記光学系の光学的パワーを有する部品が、第1、第2、第3及び第4のレンズユニットだけからなる光学系。

【請求項12】 請求項1の光学系であって、第1、第2、第3及び第4レンズユニットの各々が、単独のレンズ要素からなる光学系。

【請求項13】 請求項11の光学系であって、前記光学系に用いられた全てのレンズ素子が、モールド成型可能な材料からなる光学系。

【請求項14】 請求項8の光学系であって、前記光学系に用いられた全てのレンズ素子が、モールド成型可能な材料からなる光学系。

【請求項15】 請求項1の光学系であって、前記光学系の後側焦点距離が、 f_o の少なくとも0.5倍である光学系。

【請求項16】 請求項8の光学系であって、前記光学系の後側焦点距離が、 f_o の少なくとも0.5倍である光学系。

【請求項17】 請求項8の光学系であって、前記光学系の射出瞳が、像から、 f_o の少なくとも2倍の距離に位置している光学系。

【請求項18】 請求項1の光学系であって、像に対する第1レンズユニットの対物側からの距離が、 f_o の2倍未満である光学系。

【請求項19】 請求項8の光学系であって、像に対する第1レンズユニットの対物側からの距離が、 f_o の2倍未満である光学系。

【請求項20】 請求項1の光学系であって、像に最も近い前記レンズ素子の少なくとも一つの面が、湾曲を有する光学系。

【請求項21】 請求項8の光学系であって、像に最も近い前記レンズ素子の少なくとも一つの面が、湾曲を有する光学系。

【請求項22】 請求項1の光学系であって、前記光学系が、対象の方向に

少なくとも 25° の半視野を有する光学系。

【請求項23】 請求項8の光学系であって、前記光学系が、対象の方向に少なくとも 25° の半視野を有する光学系。

【請求項24】 請求項1の光学系であって、前記光学系が、 $f/5$ 未満の相対アパーチャを有する光学系。

【請求項25】 請求項8の光学系であって、前記光学系が、 $f/5$ 未満の相対アパーチャを有する光学系。

【請求項26】 請求項1の光学系であって、前記光学系が、第3次及び第5次収差を実質的に補正し、且つ製造上の偏差に対する前記光学系の感度を実質的に低減するのに十分な非球面を含む光学系。

【請求項27】 請求項8の光学系であって、前記光学系が、第3次及び第5次収差を実質的に補正し、且つ製造上の偏差に対する前記光学系の感度を実質的に低減するのに十分な非球面を含む光学系。

【請求項28】 デジタルカメラであって、請求項1の光学系とデジタル光センサとを備えるデジタルカメラ。

【請求項29】 デジタルカメラであって、請求項8の光学系とデジタル光センサとを備えるデジタルカメラ。

【請求項30】 第1及び第2のレンズ素子を備える光学系であり、第1レンズ素子は第1及び第2の非球面を有し、第2レンズ素子は第3及び第4の非球面を有し、第1及び第2非球面は、第1レンズ素子の少なくとも一つの1次収差を少なくとも部分的に補正し、第3及び第4非球面は、第2レンズ素子の少なくとも一つの1次収差を少なくとも部分的に補正し、これらの補正は、少なくとも一つの製造上の公差に対する前記光学系の感度を低減するのに充分である光学系。

【請求項31】 請求項30の光学系であって、第1及び第2非球面が第1レンズ素子の非球面収差を少なくとも部分的に補正し、第3及び第4非球面が第2レンズ素子の非球面収差を少なくとも部分的に補正する光学系。

【請求項32】 請求項30の光学系であって、第1レンズ素子が正のパワーを有し、第2レンズ素子が負のパワーを有する光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

技術分野

本発明は、非球面を含んで大量に生産するように設計された対物レンズに関する。

【0002】

特に本発明は逆トリプレットレンズに関し、これは、

- (1) 負（または弱い正）、正、負の形態を有し、
- (2) 1次収差を補正する非球面を用い、
- (3) 個々のレンズ素子により構成される収差補正の量を削減することにより、製造上の感度を削減する非球面を用いる。

【0003】

特定の実施例においては、負（または弱い正）、正、負の形態は、突出された入射瞳を有するレンズを与えるように働く正レンズユニットからなる。

【0004】

発明の背景

伝統的なトリプレット（図6A及び表6参照）は全ての1次補正を補正できることが良く知られているが、補正されない残留二次非点収差があるので、その性能は非点収差により制限される。レンズの仕様が過度に「押し込められている（pushed）」ならば、非点収差は焦点深度が非常に浅くなるように働くが（図6B参照）、この既に浅い深度は製造上の変動により更に減少されるので、レンズは単純な製造が非常に困難になる。

【0005】

このトリプレット設計の更なる不利益は球面収差及び非点収差補正が共に達成されることであり、これは負の素子が、二つの負の素子の効果を相殺する反対符号のまさに「直角」量の収差をもたらすためである。このことは図6Cに示される偏心化された第2素子のためのスルーフォーカスMTFが示すように、強い収差レンズを適切に配置して、傾きまたは偏心を伴わないか、或いは収差が互いに完全に打ち消されないようにせねばならないことを意味する。

【0006】

伝統的なトリプレットよりも一層良好な様々な四レンズ型式があり、これはトリプレットよりも高性能を達成するために普通に用いられているが、コストが或る程度かさむ。非球面の採用は、伝統的トリプレットの限定的な改良をもたらすものの、補正すべき非点収差のための負の素子に絞りが近すぎるので、製造上の感度の問題は依然として残る。

【0007】

発明の概要

上述したことを鑑みて、本発明の目的は改良された対物レンズを与えることである。更に詳しくは、本発明の目的は、改良された収差補正を有して、製造上の変動に対する感度が低減された対物レンズを与えることである。本発明の更なる目的は、最小限のレンズ素子、例えば三つか四つの素子を用いる対物レンズを与えることであり、ここで好ましくは全てのレンズ素子が成型可能な材料からなり、且つ非球面を有する。

【0008】

上述及び他の目的を達成するために、本発明はその特定の局面に従えば対象の像を生成する光学系を与え、この光学系は負の全光学パワー“ Φ_o ”、負の全焦点距離“ f_o ” ($f_o = 1/\Phi_o$)、対物側及び像側を有し、その対物側からその像側への順序で、

(a) 負のパワーまたは弱い正のパワー（即ち光学系の正の全パワーの0.3倍未満であって、好ましくは正の全パワーの、0.2倍未満の正のパワー）を有する第1レンズユニット（U1）と、

(b) 正のパワーと、対物側面及び像側面とを有する第2レンズユニット（U2）と、

(c) 負のパワーを有し、焦点距離の大きさが光学系の正の全焦点距離の1.5倍未満である第3レンズユニット（U3）と、

(d) 第1レンズユニットの対物側面と第2レンズユニットの像側面との間の開口絞りと、

(e) 少なくとも一つの非球面とを備える。

【0009】

特定の好適実施例によれば、光学系は以下の特徴の幾つか又は全てを個別に又は組合せの何れかで有する。

【0010】

(1) 第1、第2及び第3レンズユニットの各々が少なくとも一つの非球面を含み、

(2) 第1、第2及び第3レンズユニットの少なくとも二つが二つの非球面を含み、

(3) 第1、第2、及び第3のレンズユニットの各々は、二つの非球面を含み、

(4) 第1、第2及び第3レンズユニットの各々が単独のレンズ要素からなり、

(5) 光学系の有効像形成要素、即ち光学的パワーを有する部品は、ただ第1、第2、第3のレンズユニットからなり、

(6) 光学系の有効像形成要素、即ち光学的パワーを有する部品は、第1、第2及び第3のレンズユニットだけからなり、これらのユニットの各々は単独のレンズ素子からなり、

(7) 光学系は第3レンズの像側に第4のレンズユニット(U4)を含み、この第4レンズユニットは正のパワーを有し、

(8) 第4のレンズユニットは少なくとも一つの非球面を有し、

(9) 第1、第2、第3及び第4のレンズユニットの各々は単独のレンズ素子からなり、

(10) 光学系の有効像形成要素、即ち光学的パワーを有する部品は、第1、第2、第3及び第4のレンズユニットだけからなり、

(11) 光学系の有効像形成要素、即ち光学的パワーを有する部品は、第1、第2、第3及び第4レンズユニットからなり、これらのユニットの各々は単独のレンズ要素からなり、

(12) 光学系に用いられた全てのレンズ素子が成型可能な材料、例えばプラスチックまたはモールド可能なガラスからなり、

(13) 光学系の後側焦点距離が、光学系の正の全焦点距離の少なくとも0.5倍であり、

(14) 光学系の射出瞳が像から光学系の正の全焦点距離の少なくとも2倍の距離に位置しており、

(15) 像に対する第1レンズユニットの対物側からの距離が、光学系の正の全焦点距離の2倍未満であり、

(16) 像に最も近いレンズ素子の少なくとも一つの面が湾曲を有し、

(17) 光学系は対象の方向に少なくとも 25° の半視野を有する。

【0011】

(18) 光学系は $f/5$ 未満の相対アパーチャ、例えば $f/4$ または $f/3.5$ の相対アパーチャを有し、

(19) 光学系はデジタル光センサのための採光レンズとして使用され、

(20) 光学系は、第3次及び第5次収差を実質的に補正し、且つ製造上の偏差(公差)に対する光学系の感度を実質的に低減するのに十分な非球面を含む。

【0012】

図1乃至6のレンズの処方はそれぞれ表(TABLE) 1-6に記載されている。これらの処方の表はSinclair Optics Inc., (Rochester, New York)による商標名の下に販売されている光学的設計プログラムの"OSL0"フォーマットを使用している。

【0013】

MTF軌跡に用いられた記号は以下の意味を有する。プラス符号(+)——オンアキス、上向き三角(Δ)——0.7視野接線、下向き三角(∇)——0.7視野サジタル、矩形(\square)——全視野接線、菱形(\diamond)——全視野サジタル、円(O)——同一。MTF軌跡計算に用いられる波長は0.5461ミクロン、0.4800ミクロン、及び0.6438ミクロンである。この波長は重み付け(weighted)に等しい。

【0014】

図1B、3B、4B及び6BのスルーフォーカスMTF軌跡は $\pm 25^\circ$ の全視野についてであり、一方、図2B、5B-5G及び6CのスルーフォーカスMT

F軌跡は $\sim \pm 20^\circ$ の全視野についてである。

【0015】

本明細書の一部をなす図面は本発明の好適実施例を示し、その説明と共に本発明の原理の説明に役立つ。勿論、図面及び説明は単なる例示であって、本発明を制限又は限定するものではないことを理解されたい。

【0016】

発明の詳細な説明

A. 負のパワーの分割

上述したように、正、負及び正の構成を有する伝統的トリプレットには、収差補正と製造性の問題との双方の欠点がある。本発明によれば、伝統的トリプレットのパワーが反転されているので、レンズは、負（または弱い正）、正及び負の構成の三つのレンズユニットを有する。図1Aは本発明の逆トリプレットレンズの基本的構造を示す。

【0017】

トリプレットのパワーの反転によれば、異なる手段の収差補正が達成される。絞りが正の素子の近傍で第1素子の後に配置され、負の素子が正の素子から若干離間することを可能にする。

【0018】

全ての球面設計において、単独の正素子は、負素子についての補正すべき過度な球面補正に寄与するが、非点収差は僅かな二次補正残差で良好に補正される。非点収差とは異なり、球面収差は常に非球面で補正でき、実際にその設計形態は良好に補正できる。図1BのスルーフォーカスMTFは、伝統的なトリプレット（図6B参照）と比較して改良された非点収差補正を示す。

【0019】

B. 製造上の感度抑制

逆トリプレットは完全補正のために非球面を必要とするが、非球面は所望の視野及びアパーチャに応じて一つか二つを要するのみである。付加的な非球面を追加するならば、成型レンズのためにツーリングのコストのみが増大するが、そのコストは、生産性が向上するならば容易に受け容れられるものである。

【0020】

図2Aは傾き、偏心、及び間隙誤差の影響を最小化する設計変更を示す。約0.75相対フィールドについてのスルーフォーカスMTFの比較が図2Bに示されており、ここでは第2レンズ素子が偏心されている。

【0021】

表7は図6Aの伝統的トリプレットの各素子についての第1次及び2次補正の和と図2Aの感度抑制された逆トリプレットとを比較する。この表において明らかなように、個々の逆トリプレットレンズ素子の適切な収差補正は伝統的トリプレットのそれよりも良好である。

【0022】

製造上の目的のために最も重要な特性は、他の全ての公差が非常に緩い場合でさえも、何らかの公差の要求が大量生産のために非常に厳格であるか否かということである。次に重要な特性は、非常に制約された公差に関連したコストである。多重非球面の使用は、これらの目標を共に達成する手段を与える。即ち、十分な数の面が非球面であるならば、収差補正に要求されるよりも一層に大きな自由度があるので、レンズは生産性を最適化できる。

【0023】

C. 突出された射出瞳位置のための変更

単独の多色センサを有する像形成のためには、しばしば最大1次光線の角度を限定して、色フィルタと実際の能動センサとの分離に起因する不自然な色を避ける必要がある。このテレセントリックまたは近似的テレセントリック状態を満足するには、対物レンズと像との間の空間に付加的な正のパワーが必要である。理論的には、像におけるレンズは、厳しい収差をもたらすことなく、射出瞳を突出させる機能を果たす。実際には、この空間は通常は様々な形式のフィルタで占められているので、正のレンズは若干離間している。

【0024】

正パワーを付加することにより、視野曲率は良好に増大し、しかもプラスチック材料の重要な選択はないので、補正には大きなサイズまたは付加的な負パワーの何れかが要求される。非球面は、感度抑制する能力をとどめていても、この増

大されたパワーからもたらされる収差を補正するのに充分である。

【0025】

像空間には何処にでも正レンズを配置することが可能であるとみなせる。図3 Aに示すように、正レンズが像に近ければ、球面のみが必要である。非球面が使用されているならば、付加的なレンズの球形度からの離脱は非常に顕著なものとなる。図4 Aに示すこの設計は、前方に追加された負素子を有する通常のトリプレットと同様であるように見える。しかしながら、収差補正は全く異なっており、これは絞りが負素子中心から実質的に離間した位置に配置されているためである。

【0026】

非球面が如何にして様々な方式で収差を補正できるかに注目することは興味深い。レンズ素子によりレンズ素子に寄与するザイデル及び5次面の和は、図3 Aと図4 Aとに示される設計について、それぞれ表8及び9に示されている。付加的な非球面を追加することによれば、図4 Aのレンズは、レンズ素子ごとの非球面収差がないので、ひいては感度抑制の製造上の誤差に対する感受性がない。通常、センサ自体の位置決め及び傾きは、傾いた像の影響を除去するように調整されるので、オフアキス収差に寄与する大きなレンズ素子が許容できる。

【0027】

図3 Aと図4 Aとの突出された射出瞳設計についての50サイクル/mmにおけるスルーフォーカスMTFがそれぞれ図3 Bと図4 Bとに示されている。これらの設計は、像(25度半視野)の隅について幾らかの非点収差を示しているが、射出瞳を伴わない従来のトリプレットに比べて全く好都合である。

図5 Aは更なるレンズ設計を示し、これは(1)突出された瞳を有し、(2)長い後側焦点距離を有し、(3)充分な非球面を採用するので、製造上の偏差(公差)に対する設計上の感度を実質的に低減する。特に図5 Bと図5 C-5 Gとの比較は、偏心(図5 C)、傾き(図5 D及び5 E)、間隙誤差(図5 F)、及び素子厚さ誤差(図5 G)に対するこの設計の相対的感度を明らかにする。

【0028】

本明細書には本発明の好適及び他の実施例について説明したが、当業者には添

付の特許請求の範囲により規定された目的から逸脱することなく、更なる実施例も認められるであろう。

【0029】

本発明の説明された実施例は単なる例示を意図しており、様々な変形及び変更が当業者には明らかであろう。このような全ての変形例及び変更例が添付の特許請求の範囲に規定された本発明の目的の範囲内に意図とされている。

【0030】

【表1】

TABLE 1

| SRF OBJ | RADIUS | THICKNESS | APERTURE RADIUS | GLASS | SPE | NOTE |
|------------|-------------|-------------|-----------------|-------|-----|------|
| | -- | 5.8238e+19 | 2.7157e+19 | AIR | | |
| 1 | -3.064874 V | 2.400264 V | 1.779136 S | ACRYL | C * | |
| 2 | -7.562037 V | 0.248357 V | 1.488879 S | AIR | | |
| AST | 3.722346 V | 2.313840 V | 1.419980 AS | ACRYL | C * | |
| 4 | -3.051072 V | 0.500484 V | 1.830093 S | AIR | | |
| 5 | -2.329861 V | 1.033262 V | 1.814661 S | STYRE | C * | |
| 6 | -7.191681 V | 5.000000 | 2.095155 S | AIR | * | |
| 7 | -- | 0.874400 | 3.393300 S | BK7 | C | |
| 8 | -- | 4.315274 S | 3.542750 S | AIR | | |
| IMS | -- | -0.091852 V | 4.639273 S | | | |

*CONIC AND POLYNOMIAL ASPHERIC DATA

| SRF | CC | AD | AE | AF | AG |
|-----|----|-----------|-----------|-------------|-------------|
| 1 | -- | 0.016073 | -0.001518 | 0.000291 | -2.1617e-05 |
| 3 | -- | -0.014628 | -0.001961 | 1.8097e-05 | -5.8687e-05 |
| 5 | -- | 0.046559 | -0.000971 | -4.3232e-05 | 8.7316e-05 |
| 6 | -- | 0.028145 | -0.000172 | -0.000283 | 4.1117e-05 |

*WAVELENGTHS: 0.540000 0.450000 0.620000

*REFRACTIVE INDICES

| GLASS | RN1 | RN2 | RN3 | VNBR |
|-------|----------|----------|----------|-----------|
| ACRYL | 1.492403 | 1.499298 | 1.488808 | 46.940121 |
| STYRE | 1.595772 | 1.611790 | 1.587636 | 24.665717 |
| BK7 | 1.519039 | 1.525320 | 1.515539 | 53.071437 |

Working F-number: 4.499908
Field angle: 25.000000
Effective focal length: 10.000093

| UNIT | POWER | EFL |
|------|-----------|------------|
| 1 | -0.078720 | -12.703311 |
| 2 | 0.260570 | 3.837735 |
| 3 | -0.159153 | -6.283258 |

【0031】

【表2】

TABLE 2

| SRF OBJ | RADIUS -- | THICKNESS 1.0000e+20 | APERTURE RADIUS 3.6397e+19 | GLASS AIR | SPE AIR | NOTE |
|------------|--------------|-------------------------|-------------------------------|--------------|------------|------|
| 1 | -1.871869 V | 0.882563 V | 1.400000 K | ACRYL | C * | |
| 2 | -2.078649 V | 0.077102 | 1.468745 S | AIR | * | |
| AST | -- | 1.362577 V | 1.443414 AS | AIR | | |
| 4 | 4.385774 V | 2.038735 V | 1.700000 K | ACRYL | C * | |
| 5 | -4.896073 V | 0.218500 | 1.982925 S | AIR | * | |
| 6 | -2.583927 V | 1.752980 V | 1.959875 S | CARBO | C * | |
| 7 | -7.200777 V | 5.000000 | 2.300000 K | AIR | * | |
| 8 | -- | 0.873000 | 3.089841 S | BK7 | C | |
| 9 | -- | 3.121103 S | 3.176392 S | AIR | | |
| IMS | -- | -- | 3.646332 S | | | |

*CONIC AND POLYNOMIAL ASPHERIC DATA

| SRF | CC | AD | AE | AF | AG |
|-----|----|-----------|-----------|-------------|-------------|
| 1 | -- | 0.022092 | 0.004971 | -0.002012 | 0.000759 |
| 2 | -- | 0.016915 | 0.001905 | -0.000566 | 0.000228 |
| 4 | -- | -0.000542 | -0.001445 | -1.7676e-05 | -2.1005e-05 |
| 5 | -- | 0.000532 | -0.000913 | 9.7818e-05 | -2.6015e-05 |
| 6 | -- | 0.029750 | -0.001536 | 0.000357 | -1.7813e-05 |
| 7 | -- | 0.015015 | -0.000516 | 0.000157 | -1.7916e-05 |

*WAVELENGTHS: 0.546100 0.480000 0.643800

*REFRACTIVE INDICES

| GLASS | RN1 | RN2 | RN3 | VNBR |
|-------|----------|----------|----------|-----------|
| ACRYL | 1.492067 | 1.496540 | 1.487978 | 57.474701 |
| CARBO | 1.590088 | 1.600365 | 1.580754 | 30.090095 |
| BK7 | 1.518721 | 1.522829 | 1.514721 | 63.978408 |

Working F-number: 4.007073

Field angle: 20.000000

Effective focal length: 10.018215

| UNIT | POWER | EFL |
|------|-----------|-----------|
| 1 | 0.010658 | 93.823764 |
| 2 | 0.197291 | 5.068654 |
| 3 | -0.125789 | -7.949799 |

[0032]

[表3]

TABLE 3

| SRF OBJ | RADIUS -- | THICKNESS 5.8238e+19 | APERTURE RADIUS 2.7157e+19 | GLASS AIR | SPE | NOTE |
|------------|--------------|-------------------------|-------------------------------|--------------|-----|------|
| 1 | -2.668669 V | 2.400985 V | 1.886256 S | ACRYL C * | | |
| 2 | -5.645963 V | 0.432900 V | 1.695983 S | AIR | | |
| AST | 3.787009 V | 3.639209 V | 1.580753 AS | ACRYL C * | | |
| 4 | -3.143441 V | 0.721000 V | 2.143264 S | AIR | | |
| 5 | -2.452537 V | 1.551295 V | 2.067523 S | STYRE C * | | |
| 6 | -42.455643 V | 5.000000 | 2.000000 K | AIR * | | |
| 7 | 15.018072 V | 2.000000 | 4.267459 S | BK7 C | | |
| 8 | -12.712902 V | 3.861206 S | 4.550894 S | AIR | | |
| IMS | -- | -0.038531 V | 4.663557 S | | | |

*CONIC AND POLYNOMIAL ASPHERIC DATA

| SRF | CC | AD | AE | AF | AG |
|-----|----|-----------|-----------|-------------|-------------|
| 1 | -- | 0.019180 | -0.001186 | 0.000194 | 2.4289e-06 |
| 3 | -- | -0.011463 | -0.000298 | -5.0005e-05 | -3.0879e-05 |
| 5 | -- | 0.027499 | -0.001863 | 0.000268 | 2.1667e-05 |
| 6 | -- | 0.016636 | -0.001448 | 0.000153 | -1.0934e-05 |

*WAVELENGTHS: 0.540000 0.450000 0.620000

*REFRACTIVE INDICES

| SRF | GLASS | RN1 | RN2 | RN3 | VNBR |
|-----|-------|----------|----------|----------|-----------|
| 1 | ACRYL | 1.492403 | 1.499298 | 1.488808 | 46.940121 |
| 3 | ACRYL | 1.492403 | 1.499298 | 1.488808 | 46.940121 |
| 5 | STYRE | 1.595772 | 1.611790 | 1.587636 | 24.665717 |
| 7 | BK7 | 1.519039 | 1.525320 | 1.515539 | 53.071437 |

Working F-number: 4.201221

Field angle: 25.000000

Effective focal length: 10.003465

| UNIT | POWER | EFL |
|------|-----------|------------|
| 1 | -0.071410 | -14.003548 |
| 2 | 0.237003 | 4.219364 |
| 3 | -0.225574 | -4.433135 |
| 4 | 0.073531 | 13.599728 |

[0033]

【表4】

TABLE 4

| SRF OBJ | RADIUS | THICKNESS | APERTURE RADIUS | GLASS | SPE | NOTE |
|------------|---------------|-------------|-----------------|-------|-----|------|
| | -- | 1.0000e+20 | 4.6631e+19 | AIR | | |
| 1 | -1.981542 V | 0.956852 V | 1.400000 K | ACRYL | C * | |
| 2 | -2.437039 V | 0.094142 | 1.420000 | AIR | * | |
| AST | -- | 2.527223 V | 1.430000 AK | AIR | | |
| 4 | 4.551250 V | 3.503587 V | 3.170000 | ACRYL | C * | |
| 5 | -5.535989 V | 0.667224 | 3.170000 | AIR | * | |
| 6 | -2.557747 V | 0.517987 V | 2.880000 | CARBO | C * | |
| 7 | -7.7229e+03 V | 1.338772 | 2.600000 K | AIR | * | |
| 8 | 35.060881 V | 2.904450 V | 4.000000 | ACRYL | C * | |
| 9 | -4.739874 V | 3.277058 | 4.000000 | AIR | * | |
| 10 | -- | 1.000000 | 5.000000 | BK7 | C | |
| 11 | -- | 3.287032 S | 5.000000 | AIR | | |
| IMS | -- | -0.036095 V | 4.662896 S | | | |

*CONIC AND POLYNOMIAL ASPHERIC DATA

| SRF | CC | AD | AE | AF | AG |
|-----|-----------|-------------|-----------|-------------|-------------|
| 1 | -- | 0.025922 | 0.002042 | -0.000232 | 0.000238 |
| 2 | -- | 0.015826 | -0.000156 | 0.000365 | -5.1713e-05 |
| 4 | -- | 0.001478 | -0.000500 | 5.3849e-05 | -1.3072e-06 |
| 5 | -- | 0.003161 | 0.001368 | -0.000325 | 2.6057e-05 |
| 6 | -1.000000 | 0.032196 | -0.004592 | 0.000323 | -7.2973e-06 |
| 7 | -- | 0.026643 | -0.003928 | 0.000316 | -1.1361e-05 |
| 8 | -- | -5.3670e-05 | 0.000288 | -2.8108e-05 | 4.8652e-07 |
| 9 | -- | 0.002044 | -0.000103 | 1.4479e-05 | -6.6382e-07 |

*WAVELENGTHS: 1 0.546100 0.480000 0.643800

*REFRACTIVE INDICES

| GLASS | RN1 | RN2 | RN3 | VNBR |
|-------|----------|----------|----------|-----------|
| CARBO | 1.590088 | 1.600365 | 1.580754 | 30.090095 |
| ACRYL | 1.492067 | 1.496540 | 1.487978 | 57.474701 |
| BK7 | 1.518721 | 1.522829 | 1.514721 | 63.978408 |

Working F-number: 3.999787
Field angle: 25.000000
Effective focal length: 10.000000

| UNIT | POWER | EFL |
|------|-----------|------------|
| 1 | -0.014259 | -70.129963 |
| 2 | 0.174436 | 5.732754 |
| 3 | -0.230624 | -4.336065 |
| 4 | 0.115013 | 8.694691 |

[0034]

【表5】

TABLE 5

| SRF OBJ | RADIUS -- | THICKNESS 1.8280e+03 | APERTURE RADIUS 908.000000 | GLASS AIR | SPE AIR | NOTE |
|--|--------------|-------------------------|-------------------------------|--------------|-------------|------|
| 1 | -2.702181 V | 0.993383 V | 2.250000 | ACRYL | C * | |
| 2 | -3.057447 V | 3.503000 | 2.300000 | AIR | * | |
| AST | -- | 1.526000 | 1.230000 AK | AIR | | |
| 4 | 5.478221 V | 2.593481 V | 1.900000 | ACRYL | C * | |
| 5 | -5.441035 V | 1.255000 | 1.960000 | AIR | * | |
| 6 | -2.181334 V | 1.000000 | 1.960000 | CARBO | C * | |
| 7 | 21.138383 | 0.800000 | 2.700000 | AIR | * | |
| 8 | 7.220047 V | 2.505124 | 3.400000 | ACRYL | C * | |
| 9 | -3.781015 V | 1.280000 | 3.500000 | AIR | * | |
| 10 | -- | 0.500000 | 5.000000 | GLASS16 | M | |
| 11 | -- | -- | 5.000000 | AIR | | |
| 12 | -- | 1.400000 | 5.000000 | GLASS18 | M | |
| 13 | -- | -- | 5.000000 | AIR | | |
| 14 | -- | 1.000000 | 5.000000 | BK7 | C | |
| 15 | -- | 3.096984 S | 5.000000 | AIR | | |
| IMS | -- | -0.020000 | 5.000000 | | | |
| *CONIC AND POLYNOMIAL ASPHERIC DATA | | | | | | |
| SRF | CC | AD | AE | AF | AG | |
| 1 | -- | 0.010789 | 0.000437 | 3.4575e-05 | 8.5312e-06 | |
| 2 | -- | 0.008419 | 8.2533e-05 | 8.7405e-05 | -6.4345e-06 | |
| 4 | -- | 0.002926 | 0.000486 | 5.2554e-06 | 1.9254e-06 | |
| 5 | -0.500000 | 0.003504 | 7.6571e-05 | 0.000364 | -4.5360e-05 | |
| 6 | -- | 0.004121 | 0.002268 | 0.000353 | 2.1025e-05 | |
| 7 | -- | -0.009885 | 0.000660 | 7.1870e-05 | -1.1261e-05 | |
| 8 | -- | -0.003873 | -7.1717e-05 | 4.5720e-05 | -2.1033e-06 | |
| 9 | -- | 0.004438 | 0.000142 | -1.1630e-05 | 2.0009e-06 | |
| *WAVELENGTHS: 0.546100 0.480000 0.643800 | | | | | | |
| *REFRACTIVE INDICES | | | | | | |
| GLASS | RN1 | RN2 | RN3 | VNBR | | |
| CARBO | 1.590088 | 1.600365 | 1.580754 | 30.090095 | | |
| ACRYL | 1.492067 | 1.496540 | 1.487978 | 57.474701 | | |
| GLASS16 | 1.518721 | 1.522835 | 1.514727 | 63.978408 | | |
| GLASS18 | 1.550000 | 1.555122 | 1.545122 | 55.000000 | | |

TABLE 5 (continued)

Working F-number: 4.010265
Field angle: 26.372434
Effective focal length: 8.708503

| UNIT | POWER | EFL |
|------|-----------|-------------|
| 1 | -0.001647 | -607.021954 |
| 2 | 0.166139 | 6.019058 |
| 3 | -0.303181 | -3.298355 |
| 4 | 0.183403 | 5.452484 |

【0035】

【表6】

TABLE 6 - PRIOR ART

| SRP OBJ | RADIUS -- | THICKNESS 1.0000e+19 | APERTURE RADIUS 4.6631e+18 | GLASS AIR | SPE | NOTE |
|------------|--------------|-------------------------|-------------------------------|--------------|-----|------|
| 1 | 3.618229 V | 1.516310 V | 2.021492 K | GLASS1 | M | |
| 2 | 6.708656 V | 0.357025 | 1.458777 | AIR | | |
| 3 | -5.035902 V | 0.186013 | 1.445575 | GLASS3 | M | |
| 4 | 4.352446 V | 0.241346 V | 1.283532 | AIR | | |
| 5 | 8.221513 V | 0.602167 V | 1.271637 | GLASS5 | M | |
| 6 | -4.236010 V | 0.081008 V | 1.126154 | AIR | | |
| AST | -- | 8.299840 S | 1.010817 AK | AIR | | |
| IMS | -- | -0.073304 V | 4.631058 S | | | |

*WAVELENGTHS: 0.587560 0.480000 0.643800

*REFRACTIVE INDICES

| GLASS | RN1 | RN2 | RN3 | VNBR |
|--------|----------|----------|----------|-----------|
| GLASS1 | 1.744000 | 1.754114 | 1.740592 | 55.022000 |
| GLASS3 | 1.784700 | 1.803037 | 1.778831 | 32.418000 |
| GLASS5 | 1.834000 | 1.847665 | 1.829490 | 45.885000 |

Working F-number: 4.000002
 Field angle: 25.000000
 Effective focal length: 10.000005

| UNIT | POWER | EFL |
|------|-----------|-----------|
| 1 | 0.114551 | 8.729745 |
| 2 | -0.339039 | -2.949517 |
| 3 | 0.291767 | 3.427392 |

【0036】

【表7】

TABLE 7

| Classical | SA | CMA | AST | Inverse | SA | CMA | AST |
|-----------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|
| Element 1 | -.053 | -.017 | -.088 | Element 1 | -.020 | .099 | .083 |
| Element 2 | .203 | -.034 | .522 | Element 2 | -.092 | .097 | -.134 |
| Element 3 | -.150 | .054 | -.429 | Element 3 | .089 | -.171 | -.005 |

【0 0 3 7】

【表 8】

TABLE 8

| Lens Element | SA | CMA | AST | DIST |
|--------------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | -.376 | .140 | .012 | -.373 |
| 2 | -.041 | -.099 | -.103 | -.069 |
| 3 | .425 | -.025 | .002 | .461 |
| 4 | -.003 | -.006 | .036 | -.235 |

【0 0 3 8】

【表 9】

TABLE 9

| Lens Element | SA | CMA | AST | DIST |
|--------------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | -.126 | .013 | .096 | -.245 |
| 2 | -.062 | .269 | .234 | .209 |
| 3 | .089 | -.153 | .229 | -1.67 |
| 4 | -.025 | -.034 | -.660 | .503 |

【図面の簡単な説明】

【図1】

図1 Aは、本発明により構成されて、4.5のf #、25°の半視野、10mmの焦点距離（f）を有する逆トリプレットレンズの模式的側面図である。図1 Bは図1 Aの逆トリプレットのための50サイクル/mmにおけるスルーフォーカス白色光MTFである。

【図2】

図2 Aは本発明により構成されて感度抑制された逆トリプレットの模式的側面図であり、図2 Bは図2 Aの0.025mmだけ感度抑制された第2素子を有する逆トリプレットのための50サイクル/mmにおけるスルーフォーカス白色光MTFである。

【図3】

図3 Aは突出された射出瞳位置のために変更された逆トリプレットの模式的側面図であり、図3 Bは図3 Aの逆トリプレットのための50サイクル/mmにおけるスルーフォーカス白色光MTFである。

【図4】

図4 Aは突出された射出瞳位置及び大きな後側焦点距離のために変更された逆トリプレットの模式的側面図であり、図4 Bは図4 Aの逆トリプレットのための50サイクル/mmにおけるスルーフォーカス白色光MTFである。

【図5】

図5 Aは突出された射出瞳位置及び大きな後側焦点距離を有する更なる逆トリプレットの模式的側面図である。図5 Bは図5 Aの逆トリプレットのための50サイクル/mmにおけるスルーフォーカス白色光MTFである。図5 Cは0.035 mmだけ感度を下げた第1素子(U1)を有する図5 Aの逆トリプレットのための50サイクル/mmにおけるスルーフォーカス白色光MTFである。図5 Dは0.3°だけ傾けた第2素子(U2)を有する図5 Aの逆トリプレットのための50サイクル/mmにおけるスルーフォーカス白色光MTFである。図5 Eは各々0.3°だけ傾けた第3及び第4素子(U3及びU4)を有する図5 Aの逆トリプレットのための50サイクル/mmにおけるスルーフォーカス白色光MTFである。図5 Fは各々0.04 mmだけ変化させた第2と第3素子(U2及びU3)との間の空気間隙を有する図5 Aの逆トリプレットのための50サイクル/mmにおけるスルーフォーカス白色光MTFである。図5 Gは厚さを0.04 mmだけ変更した第2素子(U2)を有する図5 Aの逆トリプレットのための50サイクル/mmにおけるスルーフォーカス白色光MTFである。

【図6】

図6 Aは4のf #、25°の半視野、及び10 mmの焦点距離(f)を有する伝統的トリプレットの模式的側面図である。図6 Bは選択された視野位置における図6 Aの伝統的トリプレットのための50サイクル/mmにおけるスルーフォーカス白色光MTFの軌跡である。図6 Cは0.025 mmだけ感度抑制した第2素子を有する図6 Aの伝統的トリプレットのための50サイクル/mmにおけるスルーフォーカス白色光MTFの軌跡である。

【図1】

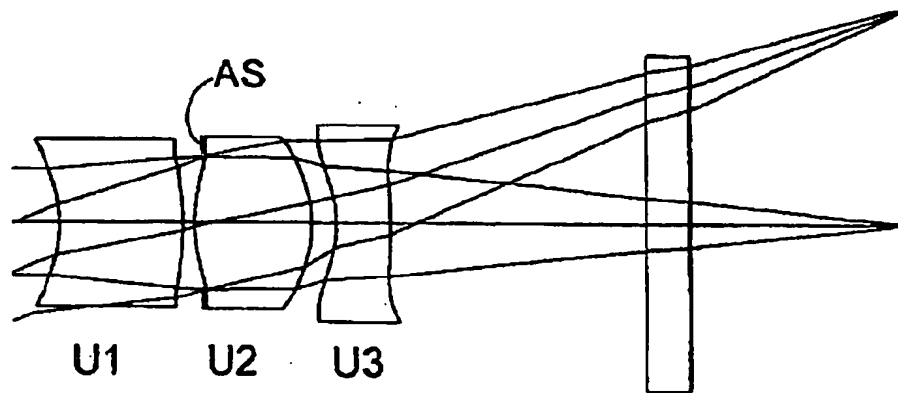


FIG. 1A

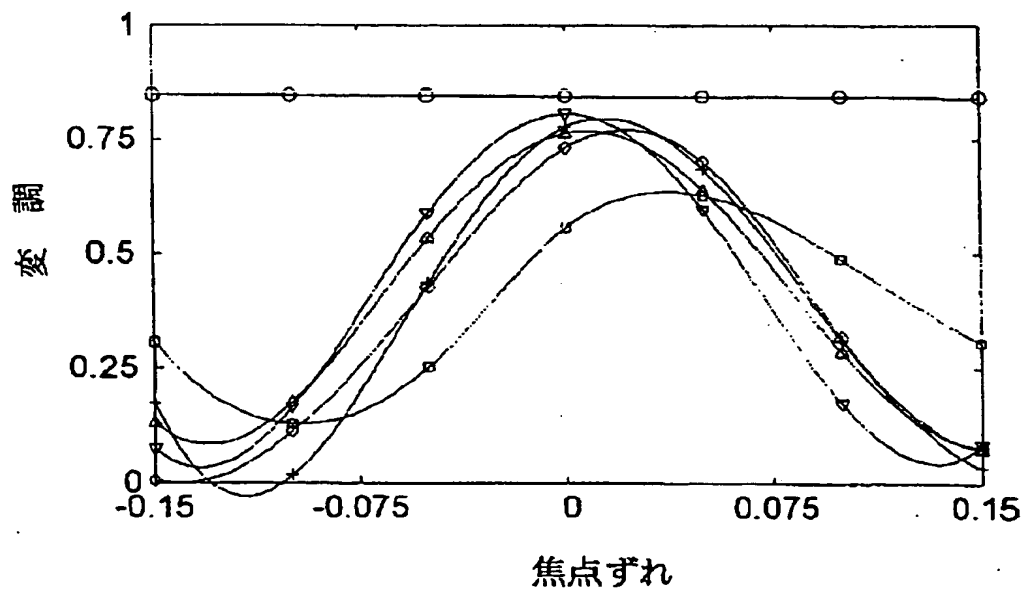


FIG. 1B

【図2】

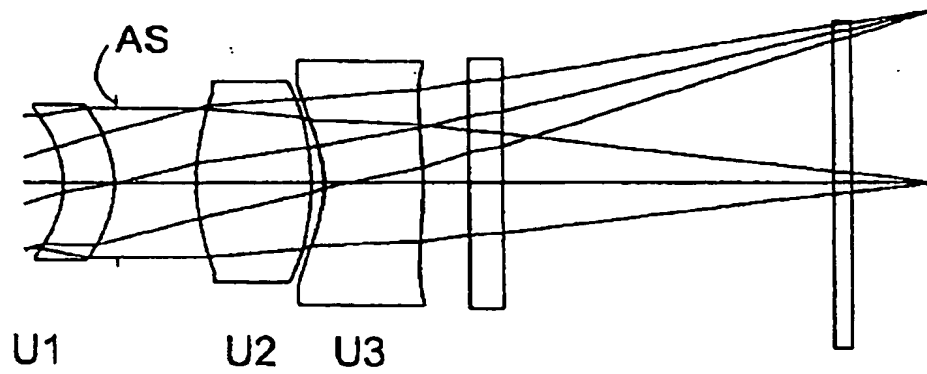


FIG. 2A

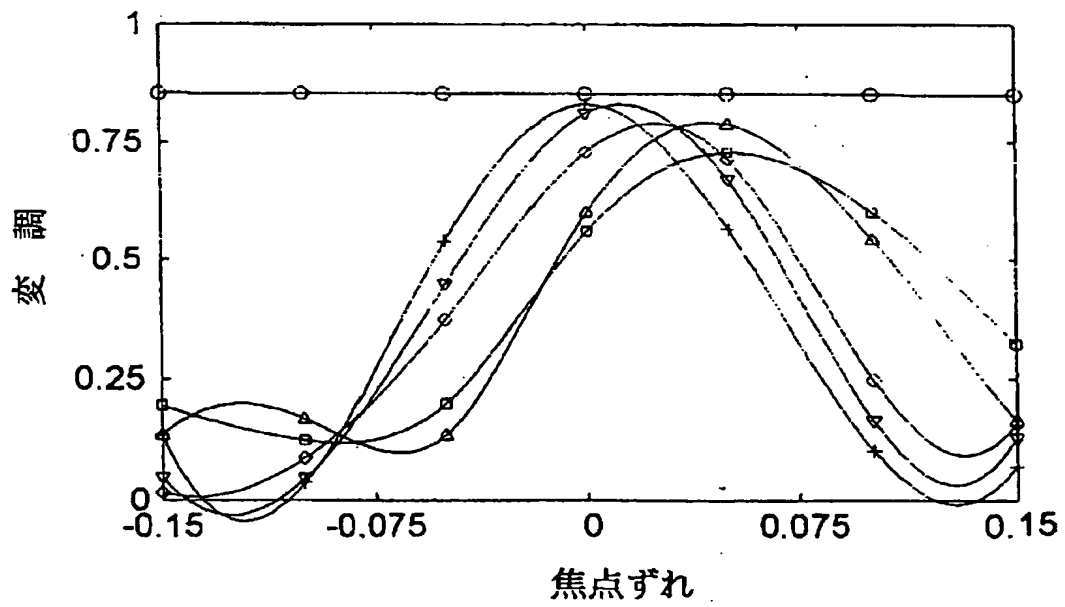


FIG. 2B

【図3】

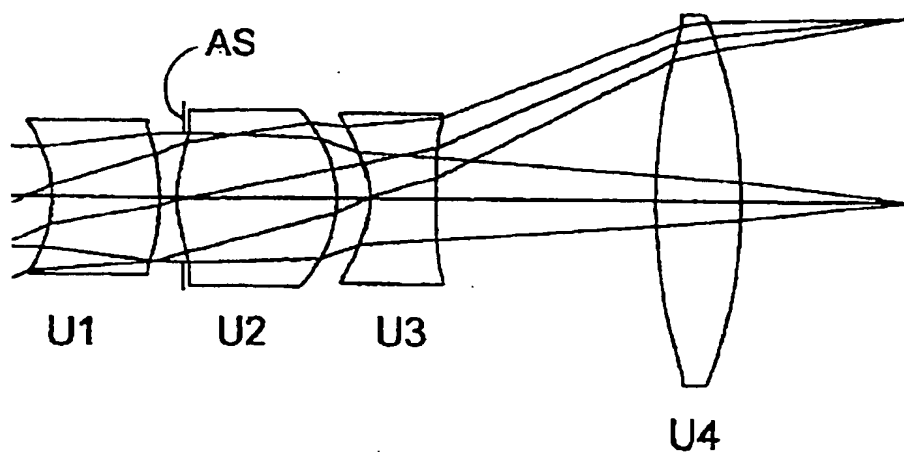


FIG. 3A

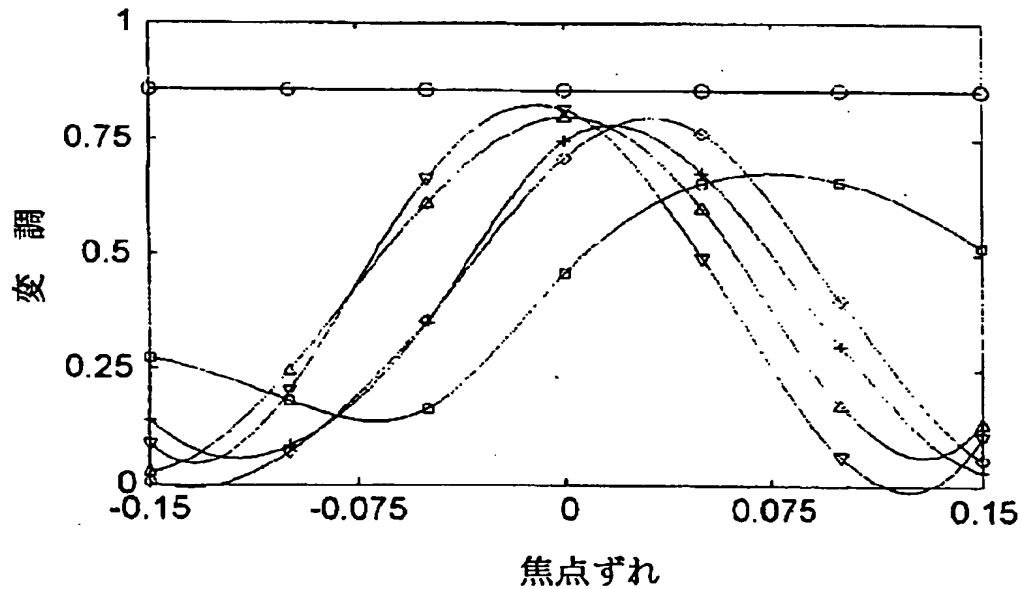


FIG. 3B

【図4】

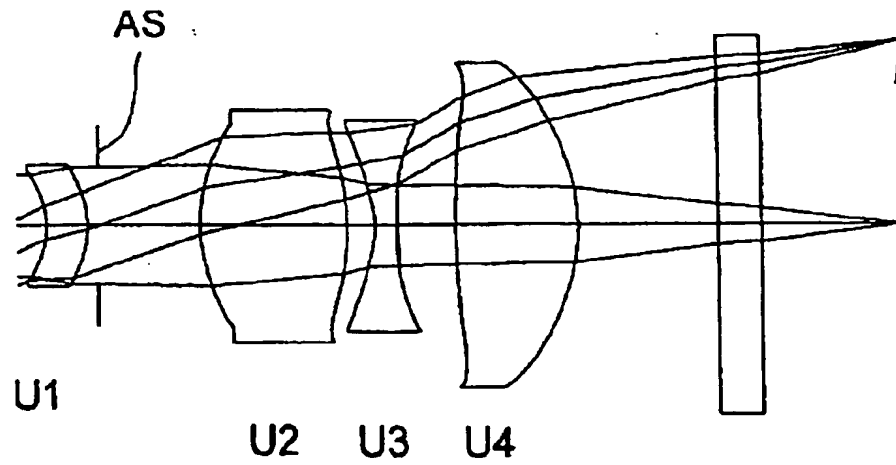


FIG. 4A

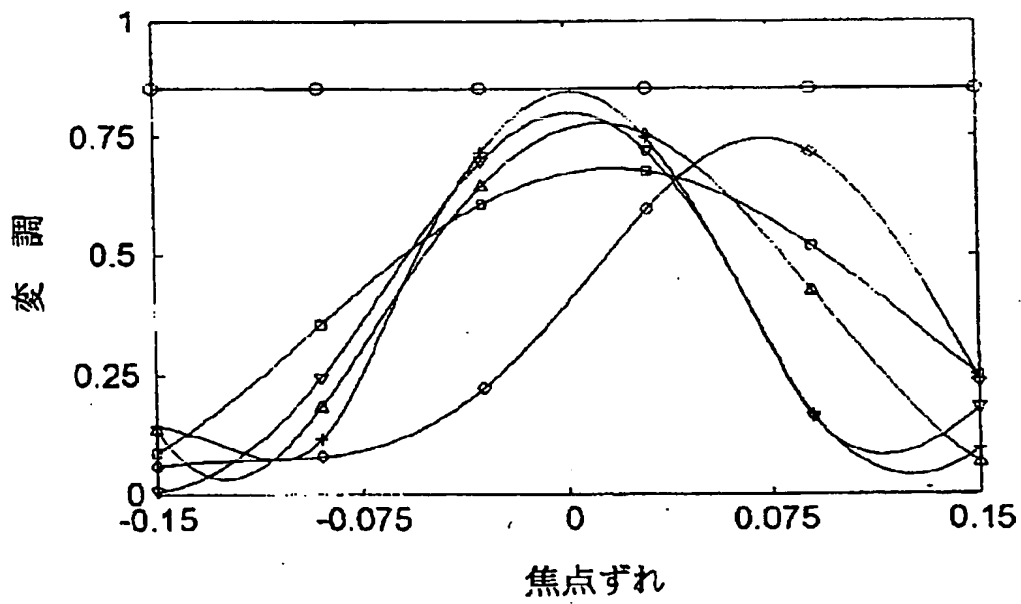


FIG. 4B

【図5】

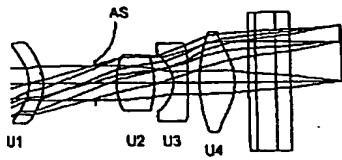


FIG. 5A

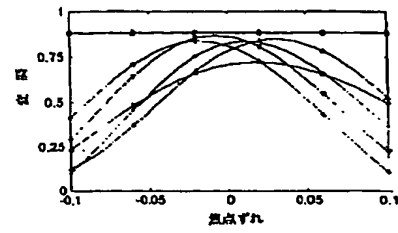


FIG. 5C

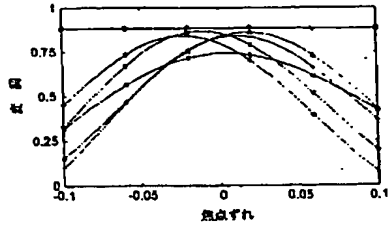


FIG. 5B

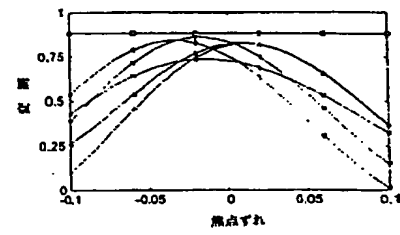


FIG. 5D

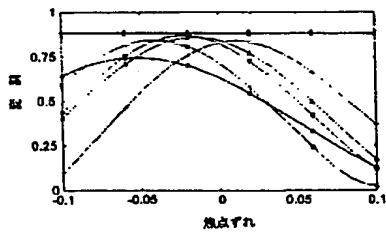


FIG. 5E

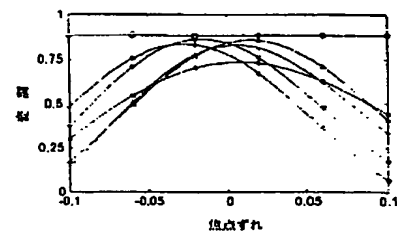


FIG. 5G

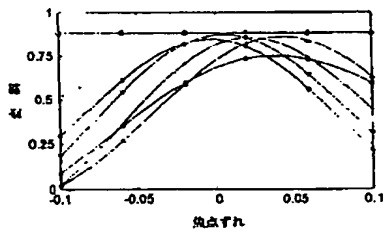


FIG. 5F

【図6】

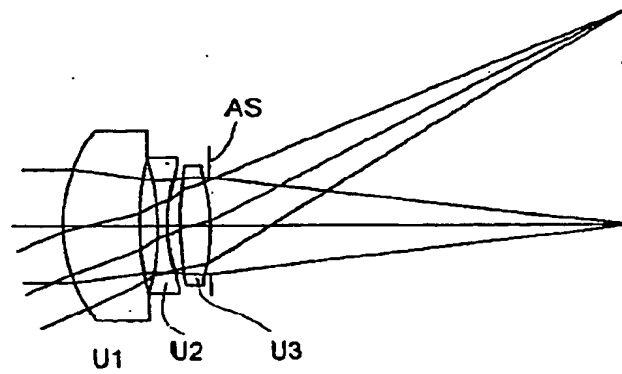


FIG. 6A - 従来技術

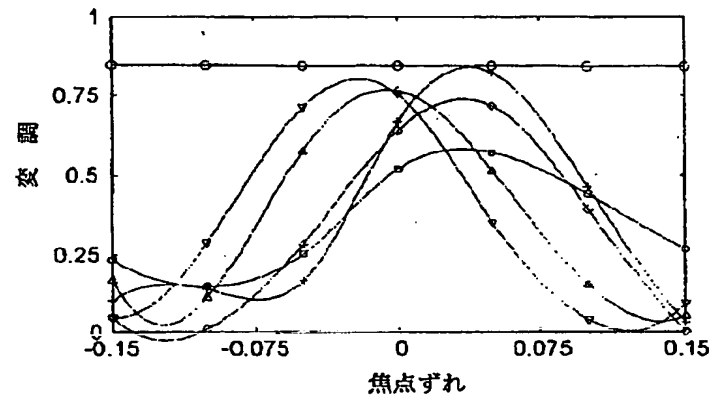


FIG. 6B - 従来技術

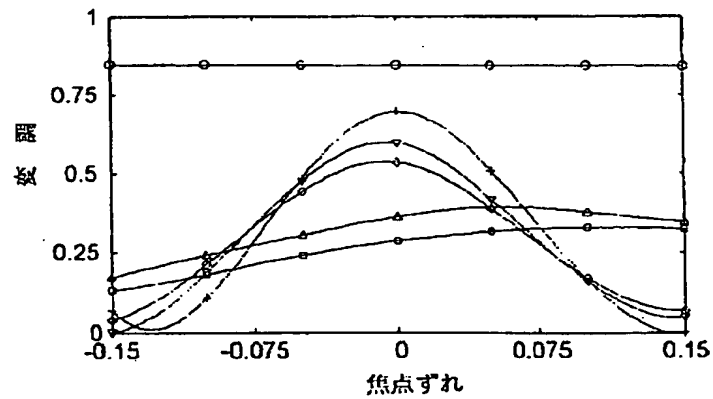


FIG. 6C - 従来技術

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US99/12658

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(6) : G02B 13/04, 9/34, 3/02

US CL : 359/753, 784, 716

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 359/715, 716, 753, 781, 784

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|------------------------------|
| X | US 5,251,073 A [SCHAUSS] 5 October 1993, see entire document, especially, column 1, line 53-column 3, line 12. | 1, 3, 4, 8, 13, 20-23, 26-29 |
| Y | US 4,109,995 A [BETENSKY] 29 August 1978, see entire document, especially column 1, line 6-column 8, line 24 | 1,3, 5-7 |
| Y | US 4,781,449 A (HIRAKAWA et al.) 01 November 1999, see entire document, especially column 1, line 5-column 8, line 55. | 1, 3, 5-7 |
| A | US 5,617,255 A [YAMADA] 01 April 1997, see entire document. | 1-32 |
| A | US 5,204,781 [ISHIBAI et al.] 20 April 1993, see entire document. | 5-7, 10-21 |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

| | |
|---|--|
| * Special categories of cited documents: | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone |
| "E" earlier document published on or after the international filing date | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) on which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "Z" document member of the same patent family |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means | |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | |

Date of the actual completion of the international search

09 AUGUST 1999

Date of mailing of the international search report

23 SEP 1999

Name and mailing address of the ISA/US
Commissioner of Patents and Trademarks
Box PCT
Washington, D.C. 20231

Facsimile No. (703) 305-3230

Authorized officer

GEORGIA Y. EPPS

Telephone No. (703) 308-4883

フロントページの続き

(81) 指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AL, AU, BA, BB, BG, BR, CA, CN, CU, CZ, EE, GD, GE, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KP, KR, LC, LK, LR, LT, LV, MG, MK, MN, MX, NO, NZ, PL, RO, RU, SG, SI, SK, SL, TR, TT, UA, US, UZ, VN, YU

Fターム(参考) 2H087 LA03 PA03 PA04 PA17 PB03
PB04 QA03 QA07 QA17 QA21
QA26 QA34 QA37 QA41 QA42
QA45 QA46 RA05 RA12 RA13
RA32 RA42 UA01